

Le mur liquide.

On a dit que, durant la guerre du Pacifique, des navires américains s'étaient défendus contre des attaques d'avions arrivant au ras des vagues, en faisant feu de leurs pièces lourdes (anti-navires) et en visant l'eau en avant de l'avion. Celui-ci percutait la gerbe d'eau soulevée par l'explosion et se désintégrait. Qu'il s'agisse d'un exploit cinématographique ou d'un fait réel importe peu, car il suffit pour notre démonstration que cela soit plausible.

En effet, supposons que nous fassions cette expérience avec un avion moderne volant à la vitesse du son (environ 1100 km/h), et que la masse d'eau percutée par l'avion soit de une tonne. L'énergie dégagée dans le choc est identique à celle que produirait la masse d'eau d'une tonne projetée à 1100 km/h sur un avion immobile, ce qui serait le cas si elle avait fait une chute libre depuis une altitude de plus de 5000 mètres (en supposant bien sûr qu'une enveloppe la conserve concentrée, et qu'elle ne se transforme pas en pluie).

On peut commenter cette expérience, brève mais instructive (sauf pour le pilote), en disant qu'à des vitesses élevées, le choc contre une masse d'eau est presque aussi destructeur que le choc contre une masse solide. L'énergie dégagée dans un tel choc est en effet équivalente à celle que produirait l'explosion de plus de 10 kg de T.N.T., c'est-à-dire plus que la charge usuelle d'un obus ou d'un missile anti-aérien.

Conversions d'énergie.

Le calcul montre que, si l'on dispose d'un appareillage quelconque supposé parfait (rendement égal à l'unité), l'énergie nécessaire pour élever à 5000 mètres de hauteur une masse d'une tonne d'eau est de 50 millions de Joules, ou encore 14 kilowattheures (kwh). C'est quelque chose qui n'a rien de colossal puisque cette énergie, vendue sous forme d'électricité, coûte dix fois moins cher que ce livre. Cela permet de chauffer une maison moyenne en hiver pendant une heure, avec le même effet que la combustion de quelques litres de fioul, ou de quelques bûches de bois sec.

Des phénomènes thermiques dont l'ampleur est tout à fait limitée, dégagent donc des quantités d'énergie qui, si elles sont converties en énergie mécanique et appliquées en un temps bref au cours d'un processus de choc mettant en jeu des vitesses élevées, conduisent à des effets destructifs importants.

Le manège de Gargantua.

Les bons vieux chevaux de bois de nos foires étaient fixés à une plate-forme circulaire tournant autour d'un axe vertical. Construisons une plate-forme géante, qui aurait approximativement les dimensions de la pelouse d'un stade, soit un disque plat et massif de cent mètres de diamètre et pesant mille tonnes (ce qui serait le cas s'il était constitué d'acier avec une épaisseur d'un peu moins de deux centimètres). Supposons qu'il tourne sur un dispositif adéquat. Un système d'entraînement (débrayable) nous permet de le mettre en rotation à la vitesse d'un tour par seconde. Un objet fixé à la périphérie du disque parcourt donc 314 mètres par seconde, soit à peu près 1130 km/h. La plate-forme est munie de rails, disposés suivant un rayon, sur lesquels peut se déplacer un chariot. A l'extrémité des rails, à la périphérie du disque, est disposé un obstacle massif.

Maintenant prenons une bâche à eau (une poche en plastique souple) remplie de 1000 litres d'eau, et posons la sur le chariot. Nous maintenons le tout sur le centre de rotation. Le moteur met en rotation, et lorsque la vitesse est atteinte, l'entraînement est débrayé : la plate-forme tourne à vitesse constante grâce à son inertie. A présent, lâchons le chariot, donnons lui un petit coup de pouce pour l'écarter un peu de l'axe de rotation, et observons.

Le chariot est soumis à une force que nous connaissons bien, car c'est elle qui tend à faire quitter la route à nos automobiles dans les virages : la force centrifuge. Sous l'effet de cette force, le chariot accélère son mouvement sur les rails, et va finir par percuter l'obstacle disposé en butée. A quelle vitesse, et en dissipant quelle énergie ? Tout simplement à une vitesse relative (donc observée depuis le centre de la plate-forme) égale à la vitesse périphérique de l'obstacle telle que peut la constater un observateur au sol : donc à plus de 1100 km/h ! La masse d'une tonne d'eau a donc été accélérée sur une course de 50 m autant que si elle avait fait une chute libre de 5000 m de haut ... SPLASH !!!

Un autre phénomène qu'on peut constater est le ralentissement de la plate-forme. De combien ? C'est très simple. Les mécaniciens ont coutume de dire que le "moment cinétique", c'est-à-dire le produit de l'inertie totale (plate-forme + eau) par la vitesse de rotation, doit rester constant. L'inertie d'une plate-forme de 1000 tonnes (la masse étant uniformément répartie) est celle qu'aurait une masse de 500 tonnes concentrée sur la périphérie. L'inertie d'une tonne d'eau concentrée sur l'axe de rotation est négligeable. Lorsque l'eau passe du centre à la périphérie, la masse équivalente en périphérie passe à 501 tonnes, soit une augmentation de 2/1000. La vitesse de la plate-forme diminue de 2/1000, pour s'établir à 0,998 tours / seconde.

Mais s'il y a ainsi échange d'énergie entre l'eau et la plate-forme, comment se fait-il qu'il y ait un surcroît d'énergie disponible pour se dissiper dans le choc ? La réponse est la suivante. L'énergie cinétique d'un mobile est proportionnelle à son inertie multipliée par le carré de la vitesse (tout automobiliste susceptible d'expérimenter des rencontres avec des obstacles imprévus devrait savoir cela). Si donc la vitesse diminue de 2/1000, le carré de la vitesse diminue de 4/1000. Si l'on remultiplie par une inertie augmentée de 2/1000, le bilan global est une diminution d'énergie de 2/1000. L'énergie cinétique d'une plate-forme de 1000 tonnes en rotation à un tour par seconde est équivalente à 7000 kwh. C'est approximativement ce qui est nécessaire pour chauffer une maison bien isolée pendant une année : converti en énergie mécanique, cela fait vraiment beaucoup. L'emprunt de 2/1000 fait à cette énergie (soit donc 14 kwh), et communiqué à notre masse de 1 tonne, va donc être dissipé en chaleur et en effets de choc.

Le phonographe de Coriolis.

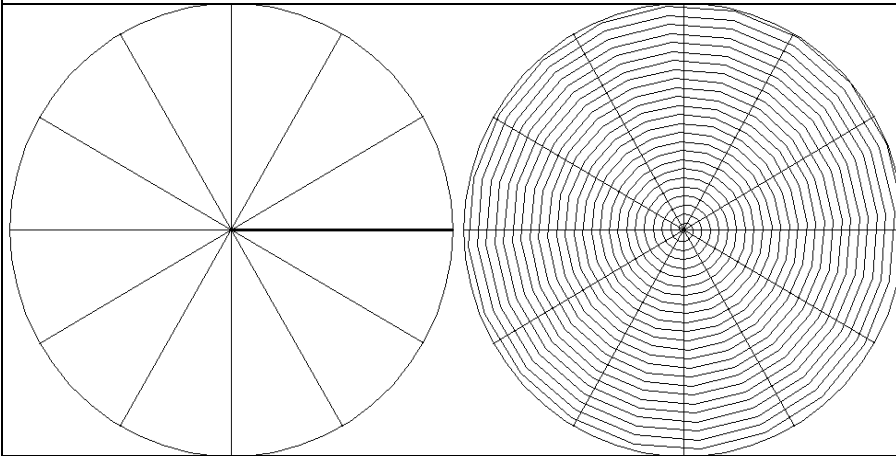
Dans la réalité, l'expérience précédente n'aurait pas pu se dérouler. En effet, à partir du moment où le chariot aurait atteint une vitesse bien inférieure à sa vitesse finale, il se serait renversé ou aurait perdu sa charge. Pourquoi ? En vertu d'une loi de mécanique due au mathématicien Coriolis, et que nous allons énoncer. Définissons d'abord ce qu'on appelle un "référentiel" : il s'agit d'une zone en mouvement capable d'embarquer des expériences de physique et un observateur, comme notre plate-forme. La loi de Coriolis stipule que, dans un référentiel en rotation, tout corps animé d'une certaine vitesse relative est soumis à une force perpendiculaire à sa vitesse instantanée (donc dans le cas présent perpendiculaire aux rails), proportionnelle à la vitesse en question multipliée par la vitesse angulaire de rotation du référentiel. La direction de la force (vers la droite ou vers la gauche du mouvement) dépend du sens de rotation du référentiel : pour une plate-forme en rotation dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre, la force s'exerce vers la droite (au sens où le constaterait un observateur lié au mobile et regardant vers l'avant). C'est cette force, appliquée aux mouvements des masses d'air sur la planète, qui fait tourner dans le sens des aiguilles d'une montre les vents autour des anticyclones ou les gigantesques tourbillons des courants océaniques (ce sens est valable pour l'hémisphère nord, et s'inverse dans l'hémisphère sud).

Reprenons l'expérience précédente, mais démontons les rails et mettons notre bêche à eau sur un chariot à roues folles capable de se déplacer sans frottement dans toutes les directions. Comme précédemment nous faisons démarrer la plate-forme (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) en maintenant la masse sur le centre de rotation. La vitesse une fois atteinte, nous débrayons, puis nous donnons une bonne poussée au chariot pour lui communiquer une vitesse initiale de deux mètres par seconde, soit à peu près la vitesse d'un homme marchant d'un pas rapide.

Que va voir un observateur immobile situé au sol (sur les gradins du stade) ? Il va constater que le chariot continue en ligne droite sur la lancée initiale, sans freiner ni accélérer (si ses roues sont bien graissées), et met tranquillement 25 secondes pour atteindre la périphérie de la plate-forme (son rayon est de 50 mètres). Et là, comme par hasard, passe le même obstacle que tout à l'heure qui tourne avec une vitesse de 1130 km/h ... SPLASH !!! Le choc ne se produit pas dans la même direction que précédemment, mais l'énergie

libérée est la même. Pour cet observateur, le mouvement reste rectiligne, et donc les forces centrifuges ou de Coriolis sont tout simplement inexistantes.

Si vous êtes l'observateur situé au centre de la plate-forme, et si vous tournez avec elle, la situation pour vous est toute différente. Vous voyez le chariot qui s'éloigne bien du centre, mais en prenant un mouvement de rotation vers la droite en forme de spirale, comme si la plate-forme portait des rails invisibles analogues aux sillons d'un disque musical (du moins ceux qu'on pouvait voir à l'oeil nu sur les anciens disques en plastique). La vitesse de déplacement le long de cette spirale est croissante et, au bout des 25 secondes, vous constatez que votre chariot a effectué 25 tours et qu'il a atteint une vitesse de 1130 km/h par rapport à la plate-forme ou à l'obstacle situé au bord (qui vous semble par contre immobile). Vous attribuez sans vous tromper à l'intervention de ladite force de Coriolis la création de ce mouvement en spirale. Il est donc clair que la force de Coriolis n'est qu'une "réaction" liée au fait que la masse considérée est observée dans un référentiel en rotation. Les deux schémas montrent les trajectoires vues respectivement par l'observateur immobile, et par l'observateur situé sur la plate-forme.



Les calculs d'échange de moment cinétique et d'énergie faits précédemment restent valables, et la plate-forme va voir sa vitesse diminuer de 2/1000 : contrairement au cas précédent où cette diminution était progressive et due à l'interaction rails-chariot, dans ce cas-là elle a lieu à l'instant du choc exclusivement.

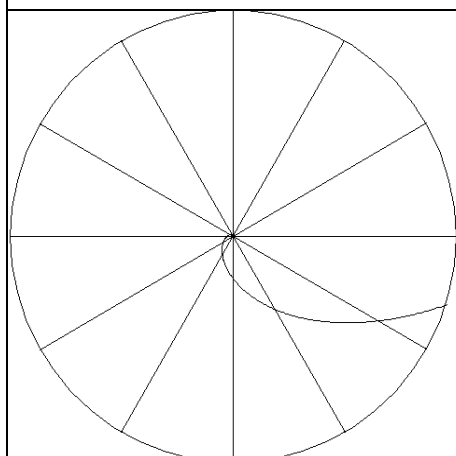
Prise en compte des frottements.

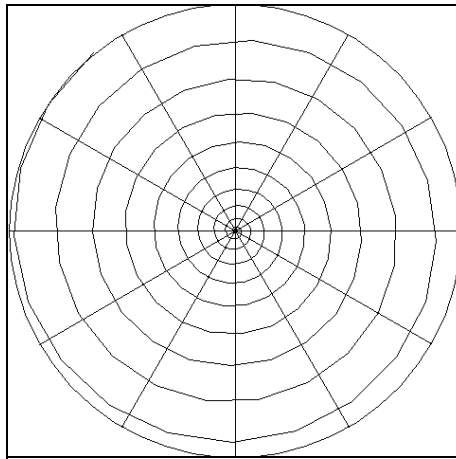
Supprimons le chariot et posons directement la bêche à eau sur le sol au centre de la plate-forme. Le sol n'est pas trop rugueux, et le coefficient de frottement est de 0,2, c'est-à-dire qu'il faut une force horizontale de 200 kilos pour déplacer notre masse d'eau d'une tonne. Lançons la plate-forme, puis poussons notre masse d'eau depuis le centre vers la périphérie. Lorsque le centre de gravité de la masse d'eau est écarté de cinq centimètres du centre de la plate-forme, nous allons la voir partir toute seule (il y a de fortes chances pour que nous partions avec elle, d'ailleurs).

Le calcul théorique du mouvement de notre masse d'eau est possible, par une technique mathématique dite "intégration numérique", qui nécessite l'emploi d'un ordinateur. Pour cela, j'ai découpé le temps en petites tranches d'un centième de seconde, et à chacun des instants j'ai calculé les forces qui s'exercent sur la masse d'eau (force centrifuge, force de Coriolis, résistance du sol). Connaissant la position et la vitesse de la masse d'eau à cet instant, j'en déduis la position et la vitesse à l'instant suivant. De proche en proche j'arrive à reconstituer ce qui se passe dans le phénomène, avec une précision largement suffisante pour mes besoins, à savoir déterminer, quand, à quel endroit, et avec quelle vitesse la masse d'eau va rencontrer la périphérie de la plate-forme.

La simulation montre qu'au bout de 10,6 s, la masse d'eau a une vitesse relative par rapport à la plate-forme de 306,25 m/s (soit 1102 km/h). Le nombre de tours effectué par rapport à la plate-forme est

9,64. Inversement, un observateur immobile aura vu la masse d'eau effectuer seulement 0,96 tours. Lorsque la masse d'eau rencontre l'obstacle situé en périphérie de la plate-forme, le choc est presque aussi violent que dans les deux cas précédents ... **SPLASH !!!** Le schéma ci-contre montre le mouvement effectué par la masse d'eau, dans l'absolu, vu par un observateur immobile. Il voit donc une spirale très ouverte,





la masse d'eau effectuant moins d'un tour.

Le schéma ci-contre montre le mouvement relatif, vu par l'observateur de la plate-forme. La spirale est plus fermée que celle décrite dans le mouvement absolu, puisqu'on fait une dizaine de tours.

Résumons : quelle que soit la situation, rails, frottements nuls (le chariot à roues folles) ou frottements, l'énergie dissi-

pée par la masse d'eau qui passe du centre de rotation vers la périphérie est constante; seules diffèrent les modalités de sa transformation et l'intervalle de temps durant lequel elle est libérée. Cette énergie, qui doit d'une manière ou d'une autre être absorbée par la structure mécanique de la plate-forme, ne dépend en fait que de la masse d'eau et de la vitesse périphérique de la plate-forme : on dit qu'il y a transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique. Ce processus libère obligatoirement de la chaleur sous forme d'effets de frottements ou de chocs ou de destructions localisées.

Effets hydrauliques.

Disposons maintenant notre volume d'eau initial au centre de rotation, dans sa bêche souple. Sur la plate-forme sont disposées des maquettes représentant des maisons, des trains, des bateaux, des vallées, des étangs, etc... Tout un univers à l'échelle 1/43. Nous faisons démarrer la plate-forme, mais arrêtons son accélération au 1/43^e de la valeur précédente (soit 1,4 tour/mn) et nous débrayons. Puis nous crevons d'un coup la bêche et libérons l'eau en quelques secondes. Les maquettes proches du centre reçoivent une vague de 10 ou 20 centimètres de haut et sont emportées. A une dizaine de mètres du centre, l'inondation est grave, mais les personnages placés sur le toit des maquettes d'immeubles ou sur les collines restent en place. Par contre, plus on s'éloigne du centre, plus l'eau est accélérée sous la double action de la force centrifuge et de la force de Coriolis. Vers la périphérie de la plate-forme, l'eau a pris de la vitesse, et balaye tout

sur son passage, dans un mouvement en forme de spirale; la hauteur de la "vague" n'est pas très importante (quelques millimètres), mais l'eau, du fait de sa vitesse, est capable de franchir des obstacles élevés : seuls les personnages ou constructions situés sur les montagnes (disons pour fixer un chiffre au-dessus de 50 centimètres d'altitude) échappent aux flots.

Les calculs précédents, qui supposaient que les frottements étaient nuls ou faibles, montraient que l'eau atteignait une vitesse de l'ordre de grandeur de la vitesse périphérique de la plate-forme. Dans cette nouvelle expérience, les tourbillons et l'interaction de l'eau avec les reliefs disposés sur la plate-forme amènent une dissipation d'énergie. Vers le bord, la vitesse de l'eau pourrait être de 25% à 50% de la vitesse périphérique, soit 2 à 4 m/s. Moins il y a de frottements (peu d'obstacles), plus l'eau tourne en spirale (force de Coriolis). Plus il y a d'obstacles, plus les interactions ont tendance à rejeter l'eau radialement vers l'extérieur (force centrifuge).

Une autre observation d'intérêt est que la diminution relative de la vitesse de la plate-forme sera toujours la même (2/1000), quel que soit le degré d'importance relative des deux phénomènes ci-dessus (à condition bien entendu qu'on attende une situation finale stable où les mouvements de l'eau se sont calmés, et où celle-ci accumulée en périphérie tourne bien à la même vitesse que la plate-forme).

Enfin, si nous disposons sur la plate-forme des zones émergées entourées d'eau, et qu'au lieu de crever une bache à eau au centre, nous y déversons un mètre cube de glaçons, les effets seront exactement les mêmes, sauf que les glaçons, propulsés vers la périphérie par la vague vont amplifier ses effets destructeurs.

Les phénomènes qui viennent d'être décrits sont en général peu connus. Seuls les météorologues spécialistes des circulations atmosphériques ou les hydrauliciens qui calculent de grands ouvrages d'aménagement du littoral se posent ordinairement ce type de problèmes. La force de Coriolis est souvent considérée par les étudiants en physique comme un terme négligeable, ou comme une curiosité mathématique inventée par des enseignants sadiques à la seule fin de leur infliger des tortures intellectuelles. Et pourtant, lorsqu'on applique ces calculs à des masses d'eau considérables (par exemple cinq cent mille kilomètres cubes), et à une sphère comme la Terre dont la vitesse périphérique à l'équateur est de 1666 km/h, les résultats sont surprenants !

Conséquences d'une débâcle généralisée

Une masse d'eau libérée vers le centre d'une plate-forme tournante va se précipiter vers la périphérie avec un mouvement en forme de spirale, et atteindre une vitesse de l'ordre de grandeur de la vitesse périphérique de la plate-forme. S'il s'agit d'une sphère comme la Terre, le phénomène est assez semblable, sauf que la masse d'eau va se propager du pôle vers l'équateur et de l'est vers l'ouest, accélérant sous l'effet de la force centrifuge et de la force de Coriolis, pour atteindre plusieurs centaines de kilomètres à l'heure. Si l'on reprend les chiffres vus précédemment, le volume d'eau en mouvement correspondrait à une couche supplémentaire d'un mètre et demi d'épaisseur sur l'ensemble de la surface des océans. L'énergie qu'elle aurait à dissiper avant de tourner à la même vitesse que la planète devrait en grande partie être échangée avec les continents sous forme de gigantesques raz-de-marée. A la différence d'un raz-de-marée classique, qui est une onde unique (ce qu'on appelle un soliton) qui propage un ébranlement local, il s'agit là d'une onde multiple, beaucoup plus énergique car poussée par une masse d'eau considérable. Dans un raz-de-marée, il n'y a que l'onde qui se déplace, et pas de masse d'eau. Dans ce cas il y a à la fois l'onde et la masse d'eau. En théorie des systèmes, on dirait que l'excitation d'un raz-de-marée est une "impulsion de Dirac", alors que l'excitation d'un phénomène tel que décrit ici serait plutôt un "échelon unitaire", incomparablement plus élevé dans l'échelle des énergies mises en jeu. Il est vraisemblable que cette onde peut se propager très loin à l'intérieur des continents avant de s'amortir, montant sur le flanc des reliefs jusqu'à des altitudes importantes (plusieurs centaines de mètres). Calculons l'ordre de grandeur de l'énergie que cette masse d'eau devrait dissiper, soit :

Nombre de kilowattheures par mètre cube d'eau	14
x Nombre de mètres cubes par kilomètre cube	1 000 000 000
x Nombre de kilomètres cubes	500 000
-----	-----
= Energie totale (kwh)	7 000 000 000 000 000

Si nous employons une unité d'énergie plus commode, à savoir le térawattheure (Twh), qui vaut un milliard de kilowattheures, nous arrivons au chiffre de 7 millions de Twh. Cela correspond par exemple à la fourniture d'énergie de 70 centrales nucléaires de 1000 mégawatts chacune pendant 100 000 heures (onze ans et demi). Cela ne représente que quelques années de la production d'électricité mondiale, mais converti en tonnes de T.N.T., cela représente plus de 5 millions de mégatonnes, soit 200 000 bombes atomiques de 25 mégatonnes (les plus puissantes stockées actuellement). Si tous les habitants de la planète

étaient répartis de manière uniforme sur les continents, chacun disposerait d'une surface de 3,4 hectares soit un carré de 185 mètres de côté. Si l'énergie de la débâcle était également répartie, chacun recevrait sur son carré un cube d'eau de 46 mètres de côté (100 000 tonnes) lancé de 5000 mètres d'altitude. Il va sans dire que, si nous tentons cette expérience, il ne restera pas un seul survivant sur les carrés en question : on sait en effet qu'une masse d'eau beaucoup plus faible (quelques tonnes) larguée à une cinquantaine de mètres d'altitude par un avion de lutte contre l'incendie peut tuer.

En réalité, le partage des effets d'un tel cataclysme doit être très inégal : certaines zones des continents vont subir de plein fouet l'assaut de l'eau, alors que d'autres zones, plus élevées, seront moins atteintes. Par exemple, si la calotte nord-occidentale du Groenland s'effondrait, une bonne partie de l'Amérique centrale serait complètement noyée, la vague d'eau déferlant par dessus l'Isthme de Panama pour rejoindre le Pacifique. Inversement, le ralentissement de la rotation terrestre dû aux frottements contre les continents de cette masse d'eau allant vers l'ouest, produirait un effet de réaction inertiel, qui amènerait la partie est des océans à se précipiter sur le continent qui la borde, avec une énergie presque aussi considérable, et à s'y répandre loin à l'intérieur des terres. Il se pourrait que s'établisse ainsi, du fait des obstacles que constituent les continents, des circulations en tourbillons gigantesques tournant sur les deux hémisphères, certains d'entre eux empruntant les zones peu élevées des continents. La circulation générale des courants dans les océans donne d'ailleurs une image (en beaucoup plus calme) des trajectoires que pourraient prendre ces tourbillons.

La dissipation de l'énergie hydraulique produirait des effets considérables. D'énormes masses d'eau, de poussière, de boue, de glace, de roche, seraient mises en mouvement et en partie projetées en altitude. L'effet inertiel sur les masses d'air atmosphérique produirait aussi un phénomène de cyclone généralisé, assurant le transport des débris les moins volumineux.

Et ce n'est pas tout : l'effort latéral appliqué aux continents risquerait d'entraîner des contraintes mécaniques sur les plaques lithosphériques. Ces contraintes pourraient produire des tremblements de terre généralisés sur toute la planète. Les volcans (en activité ou en sommeil) entreraient en éruption. Et les zones centrales des dorsales (rifts) pourraient s'ouvrir, amenant d'énormes surfaces de magma en fusion en contact avec l'eau du milieu des océans. Les éruptions volcaniques, sur les continents et dans les océans, produiraient un dégagement rapide de vapeur d'eau et de gaz toxiques, qui seraient dispersés et propagés sous l'effet des cyclones.

Après quelques jours, les mouvements violents de l'eau et de l'atmosphère devraient cesser; mais la retombée au sol de l'eau et des

poussières projetées en altitude pourrait prendre plusieurs semaines. Pendant cette période, une nuit permanente régnerait sur le sol de la planète, le Soleil disparaissant derrière un épais nuage noir. Des modifications significatives pourraient intervenir sur la surface des continents, sous forme de dépôt de sédiments et de cendres, d'effondrements, de modification du cours de certains fleuves, etc...

Validité du modèle.

André Capart, océanologue, a étudié en détail les plages et récifs de coraux fossiles immergés dans toutes les mers du globe. Le fait qu'on trouve deux niveaux de plages fossiles à -110 m et -55 m, que ces deux niveaux soient bien marqués, que les coraux n'ont pas réussi à s'exhausser avec le niveau marin, lui fait conclure que la remontée à partir de ces niveaux a été très rapide, voire catastrophique. La datation de sédiments semble indiquer que la première transgression a eu lieu en 16500 bp, et la seconde en 8500 bp. Il a inféré de ces transgressions brutales un modèle historique faisant intervenir deux débâcles successives de calottes polaires. Le premier, qu'il nomme "Déluge de Lascaux", aurait été dû à l'effondrement de la calotte des Laurentides. Le second, "Déluge de Noé", aurait résulté de la "bipartition" (c'est-à-dire la séparation en deux parties) et à l'effondrement de la calotte fénno-scandinave. Mais la reconstitution des positions successives de la calotte des Laurentides faite par Denton et Hughes [328] montre qu'un effondrement en 16500 bp est impossible : il s'agissait au contraire de la date à partir de laquelle cette calotte a commencé à régresser. Par contre l'ouverture du Détroit d'Hudson et la débâcle de la partie centrale de la calotte des Laurentides auraient pu intervenir aux environs de 8500 bp. On peut penser que, par effet de réaction hydraulique, cela a entraîné l'effondrement des zones instables de la calotte fénno-scandinave, et qu'une "débâcle généralisée" a eu lieu à cette date *.

Mais d'autres indications montrent qu'un épisode géophysique brutal a eu lieu en 11200 bp. On pourrait penser que la date de 16500 bp donnée par Capart aux plages fossiles à -110 m est biaisée par un artefact et que cette transgression date en fait de 11200 bp. Il se pourrait aussi qu'une transgression rapide mais non cataclysmique soit intervenue en 16500 bp, ce qui correspond à la date de début de régression des calottes de l'hémisphère nord, et qu'un autre événement se soit produit en 11200 bp. On pourrait envisager deux hypothèses pour ce dernier :

** Des recherches récentes sur les récifs coraliens immergés [334] ou sur des traces d'érosion hydraulique au Canada [418] confirment que deux épisodes de transgression rapides auraient eu lieu vers 9500 b.p. et 12000 b.p.*

- ◆ Une débâcle généralisée en Antarctique (Terre de Marie Byrd). Cela semble toutefois infirmé par les résultats du sondage de Byrd, qui attribue un âge de 50 000 ans au moins à la glace de cette région.
- ◆ La débâcle d'une hypothétique "calotte islandaise", qui aurait constitué un "pont de glace" entre le Groenland et les îles britanniques. La topographie de la région correspond approximativement à celle de l'Antarctique occidentale. De plus est, elle est traversée par la dorsale médio-océanique, et la glace aurait recouvert les volcans d'Islande ! Si cette calotte existait, il y aurait de bonnes raisons de penser qu'elle a disparu dans une débâcle entre 11000 et 12000 bp.

Par ailleurs, le sondage effectué par les glaciologues français au "Dôme C" en Antarctique montre des épisodes climatiques d'allure catastrophique aux environs de 16 000 bp, 13 500 bp, et 11 000 bp [382]. Les études paléoclimatiques sur les pollens ou les successions de sédiments recueillies dans les sondages océaniques [220, 398] montrent aussi que des épisodes de transition brutaux ont eu lieu aux alentours de ces dates. Alors, que s'est-il passé sur la planète lors de la fin du pléistocène ? Il semble difficile d'en dire plus en s'en tenant aux hypothèses présentées ci-dessus, mais des observations plus précises, telles que par exemple la présence possible de moraines sous-marines entre l'Islande et les îles britanniques, permettraient d'avancer dans ces reconstitutions historiques.

En remontant plus loin dans l'échelle des temps géologiques, on peut appuyer cette théorie de la débâcle généralisée sur une observation de S.J. Gould (l'un des inventeurs de la théorie des équilibres ponctués). Il a constaté que presque toutes les grandes extinctions d'espèces correspondant aux principales transitions géologiques, ont été précédées par une baisse importante du niveau des mers. On pourrait donc penser que d'énormes quantités de glace étaient alors accumulées sur les calottes polaires, et que la déstabilisation de proche en proche de plusieurs zones instables de ces calottes a ainsi entraîné un cataclysme d'ampleur un peu plus colossale que d'habitude, au point de changer durablement les conditions géologiques sur la planète et de faire disparaître simultanément un grand nombre d'espèces.

J'emets au passage une hypothèse, qui est contradictoire avec beaucoup d'idées reçues, sur une cause possible des départs brutaux observés pour certaines phases de glaciation. Le réchauffement actuel de la planète par effet de serre pourrait entraîner une augmentation du volume des calottes polaires et une baisse du niveau des mers. En effet, l'Antarctique est un désert au sens de la pluviométrie (50 mm d'eau par an). Une élévation de la température moyenne du globe pourrait avoir pour conséquence un renforcement de l'évaporation océanique, un accroissement de l'efficacité des mécanismes de transport atmosphérique des zones tempérées vers les pôles et une augmentation du rythme

d'accumulation de neige sur l'Antarctique : il ne serait pas surprenant qu'on puisse passer du rythme actuel à une valeur dix fois plus élevée, telle que celle qu'on constate au Groenland. Le phénomène de fluage des calottes vers la mer ayant d'énormes constantes de temps (dix à vingt millénaires) et le stockage de glace sur l'Antarctique étant équivalent à une production de chaleur dans le bilan planétaire, on pourrait voir apparaître des boucles de rétroaction positive et un mécanisme d'emballement thermique. On pourrait ainsi arriver en quelques siècles (ou peut-être moins) à une déstabilisation mécanique des zones sensibles des calottes par augmentation de la pression interne, remontée de l'isotherme tempéré au dessus du socle et accroissement de sa surface.

Pour conclure, je pense que ce modèle de cataclysme est plausible, ce qui ne veut pas dire qu'il s'agit d'un événement qui s'est nécessairement déroulé dans les millénaires qui nous précèdent, ni que, en l'état actuel des connaissances sur les calottes polaires, on puisse prévoir son occurrence dans les années futures. Il mériterait d'être étudié par les glaciologues spécialistes de la dynamique des calottes polaires, par les géotechniciens disposant d'outils de modélisation des glissements de terrain, ainsi que par les hydrauliciens qui pourraient calculer (et même expérimenter sur plate-forme tournante) la propagation des raz-de-marée sur les continents. Il serait particulièrement important de pouvoir mesurer l'épaisseur de la nappe sédimentaire aquifère sous les calottes polaires à risque, et d'observer l'évolution de cette épaisseur au cours du temps. L'enjeu mériterait qu'on investisse des sommes importantes dans ces études, et qu'on les entreprenne sans trop tarder.